

**AUDIT BEBAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI VILLA ARIA  
SEMINYAK BALI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**HELMI ALBI FERNANDA**

**D400150114**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**AUDIT BEBAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI VILLA ARIA  
SEMINYAK BALI**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**HELMI ALBI FERNANDA**

**NIM D400150114**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Umar, S.T., M.T**

**NIK. 731**

HALAMAN PENGESAHAN

AUDIT BEBAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI VILLA ARIA  
SEMINYAK BALI

OLEH

HELMI ALBI FERNANDA

D400150114

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Senin, 21 Januari 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Agus Supardi, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Aris Budiman, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan,



Dr. Sri Supariono, M.T., Ph.D

NIK. 682

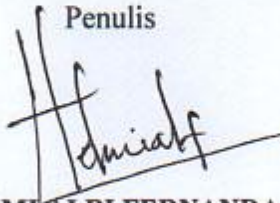
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kerjasama di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak dapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 29 Januari 2019

Penulis



**HELMI ALBI FERNANDA**

**D400150114**

# AUDIT BEBAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI VILLA ARIA SEMINYAK BALI

## Abstrak

Peningkatan konsumsi energi listrik telah terjadi di Villa Aria Seminyak Bali setiap tahunnya, maka tarif yang dibayar untuk beban energi listrik yang digunakan mengalami kenaikan. Oleh sebab itu perlunya perhitungan ulang konsumsi energi listrik untuk mengetahui tingkat efisiensi dan langkah penghematan konsumsi energi listrik. Penelitian dan pengambilan data dilakukan di Villa Aria Seminyak Bali. Penelitian ini menggunakan beberapa metode dimulai dari literatur, referensi, dan *interview*, yang berkaitan dengan audit konsumsi energi listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menentukan tingkat intensitas konsumsi energi (IKE) termasuk dalam kriteria efisien atau boros. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan daya listrik pada bangunan Villa Aria Seminyak Bali. Hasil penelitian diperoleh kapasitas total daya terpasang sebesar 430,105 kW, kemudian didapatkan susut tegangan pada beban dengan metode perhitungan manual dari rating tegangan menengah 220 V menjadi 101,65 V. Presentase susut tegangannya 26 %, perhitungan rugi-rugi daya penghantar sebesar 73.807 W, dengan presentase rugi dayanya mencapai 17%. Hasil perbaikan faktor daya, dengan perbaikan dari 0,8 lagging menjadi 0,99, maka diperlukan perbaikan kapasitor sebesar 532,53 kVAr dan dilakukan perhitungan kapasitas dari kapasitor bank sebesar 11.744,48  $\mu$ F.

**Kata Kunci :** Efisiensi, Hemat Energi, Audit Energi Listrik, Intensitas Energi Listrik (IKE)

## Abstract

The increase in electricity consumption has taken place at Villa Aria Seminyak Bali every year, so the rates paid for electricity used are increasing because of this the need to recalculate electricity consumption to determine the level of efficiency and the austerity measures of electricity consumption. Research and data collection was carried out at Villa Aria Seminyak Bali. This research uses several methods starting from literature, references, and interviews, which are related to the audit of electricity. This research was conducted to determine and determine the level of energy consumption (IKE) included in the criteria of efficient or wasteful. Then the calculation of electrical power requirements is carried out on the Villa Aria Seminyak Bali building. The results obtained total capacity installed at 430,105 kW, then obtained voltage losses in the manual calculation method from the medium voltage rating of 220 V to 101.65 V. The percentage of voltage losses is 26%, the estimated conductivity power is 73,807 W, with a loss percentage power reaches 17%. The results of the improvement of the power factor, with improvements from 0.8 lagging to 0.99, it is necessary to increase the capacitor by 532.53 kVA and calculate the capacitor capacity of the bank of 11.744.48  $\mu$ F.

**Keywords :** Efficiency, Energy Efficiency, Electric Energy Audit, Electric Energy Intensity (IKE)

## **1. PENDAHULUAN**

Jumlah penduduk di Indonesia semakin tahun semakin meningkat diiringi pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi. Salah satu sumber energi, yaitu energi listrik yang digunakan di negara Indonesia kebanyakan belum menggunakan hasil konversi sumber energi terbarukan dan jumlahnya akan habis. Energi listrik merupakan kebutuhan pokok bagi aktivitas masyarakat, mulai dari kebutuhan rumah tangga, pendidikan, sektor pariwisata dan industri.

Upaya PLN sebagai pemasok energi listrik menetapkan beberapa golongan tarif yang dibedakan dari hak mendapatkan subsidi dan non-subsidi. Data dari PLN untuk golongan tarif industri yang memiliki kapasitas daya di atas 200 kVA, perlu memperhatikan biaya pemakaian batasan antara LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) dan WBP (Waktu Beban Puncak), tarif dalam WBP untuk industri lebih mahal dibanding dalam LWBP. WBP ditetapkan berlangsung (pukul 17.00 – 22.00) atau selama 5 jam waktu setempat. Bagi golongan diluar tarif industri tersebut, pelanggan tetap membayar sesuai pemakaian, baik pada waktu beban normal dan beban puncak.

Konservasi Energi adalah peningkatan efisiensi energi atau proses penghematan energi. Metode ini terdapat Audit Energi, yaitu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi dan mengetahui profil penggunaan energi, mengidentifikasi pemborosan energi dan menyusun langkah pencegahannya pada suatu gedung atau bangunan (Magdalena, 2009).

Evaluasi energi ini dapat mengurangi kebutuhan konsumsi energi listrik dan mengurangi biaya operasional yang dikeluarkan pelanggan. Hal ini dilatarbelakangi bahwa peningkatan konsumsi listrik tidak serta merta mendorong kegiatan ekonomi, padahal sebagian besar listrik dikonsumsi oleh industri sehingga terjadi kesenjangan antara pertumbuhan konsumsi energi listrik dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia (Daeng, 2012).

Strategi pengendalian peralatan yang membutuhkan sumber energi listrik dapat diatur penggunaannya dengan mengurangi intensitas waktu saat diperlukan secara cermat, hal ini juga mampu menghemat energi listrik. Akhirnya biaya yang digunakan untuk konsumsi energi listrik dapat dikelola untuk kebutuhan lainnya (Zipperer 2013)

Kegiatan ini mengutamakan peluang penghematan energi listrik dengan melakukan audit energi. Hasil dari audit energi dapat disusun strategi atau langkah-langkah agar menghemat konsumsi energi listrik yang optimum pada Villa Aria Seminyak. Data-data yang diperoleh akan mengetahui besarnya konsumsi listrik yang dapat dihemat pada Villa Aria Seminyak Bali.

## **2. METODE**

### **2.1 Rancangan Penelitian**

Data yang menjadi dasar untuk perhitungan diambil dari lapangan secara langsung dan data pendukung dari berbagai literatur untuk mendapatkan hasil penelitian yang relevan.

### 1) Studi Literatur

Penulis mendapatkan literatur – literatur untuk menyelesaikan tugas akhir dari jurnal, karya ilmiah, buku dan dari sumber internet untuk dijadikan acuan dalam melakukan penelitian terkait penghitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Literatur yang didapat terkait audit beban kebutuhan energi listrik pada Villa Aria Seminyak Bali.

### 2) Pengumpulan Data

Penulis melakukan pengumpulan data dari *Chief Engineer* pihak Villa Aria Seminyak Bali yang selanjutnya akan diolah. Data yang dibutuhkan antara lain :

- a. Pengumpulan data energi bangunan Villa.
- b. Dokumentasi bangunan Villa.
- c. Pembayaran rekening listrik perbulan.

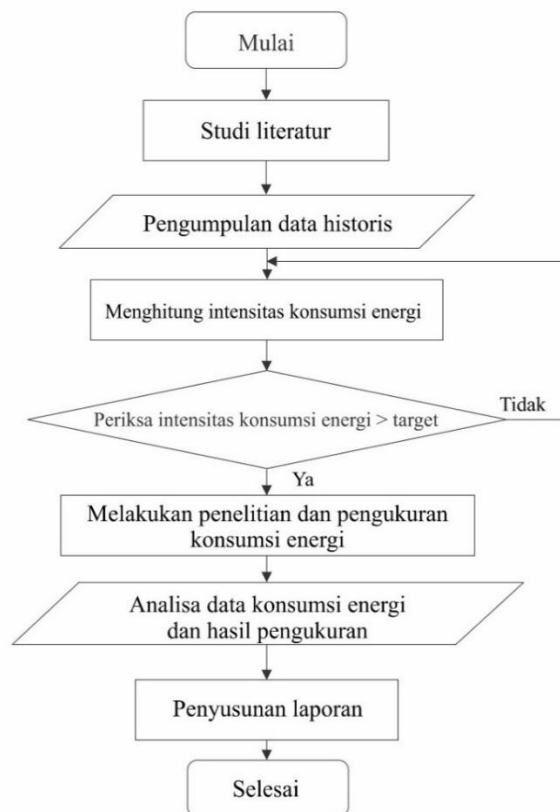
### 3) Analisis Data

Penulis menganalisis data dari *Chief Engineer* kemudian dianalisa kedalam bentuk matematis dengan rumus atau persamaan yang telah ditentukan.

### 4) Penyusunan Laporan

Proses yang dilakukan untuk menulis seluruh hasil dari proses penelitian yang dilakukan sebagai bentuk pertanggungjawaban dari penelitian yang telah dilaksanakan.

## 2.2 Flowchart Penelitian



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

## 2.2 Data intensitas konsumsi energi (IKE) listrik dan standar

Data Intensitas konsumsi energi (IKE) sangat penting untuk menentukan pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan satuan luas bangunan gedung. Atau dapat ditulis dengan menggunakan rumus :

$$IKE = \left( \frac{kWh \text{ total } (kWh / \text{Bulan})}{(Occ \text{ Rate} \times Area \text{ Room}) + (Area \text{ Non Room})} \right) \quad (1)$$

Data ini diperoleh dari Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional nilai IKE dari suatu gedung atau bangunan yang terdiri dari bangunan ber-AC dan bangunan tidak ber-AC.

**Tabel 1.** IKE Bangunan Gedung Tidak ber-AC

Kriteria	Keterangan
(4,17 – 7,92) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Sangat Efisien
(1,67 – 2,5) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Cukup Efisien
(2,5 – 3,34) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Boros
(3,34 – 4,17) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Sangat Boros

**Tabel 2.** IKE Bangunan Gedung ber-AC

Kriteria	Keterangan
(4,17 – 7,92) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Sangat Efisien
(7,93 – 12,08) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Efisien
(12,08 – 14,58) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Cukup Efisien
(14,58 – 19,17) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Agak Boros
(19,17 – 23,75) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Boros
(23,75 – 37,5) kWh/m <sup>2</sup> /bulan	Sangat Boros

## 2.3 Peluang Hemat Energi (PHE)

Peluang hemat energi adalah perbandingan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang dikeluarkan sesuai rencana penghematan energi yang direkomendasikan. Penghematan energi pada bangunan atau gedung dilakukan tanpa mengurangi tingkat kenyamanan penghuni.

Melaksanakan kegiatan audit energi berstandar SNI 03-6196-2000 tentang Prosedur audit energi pada bangunan gedung diharapkan mampu :

1. Mengetahui tingkat intensitas konsumsi energi (IKE) pada bangunan atau gedung.



2. Menghemat energi tanpa harus mengurangi aspek tingkat kenyamanan bangunan atau gedung.
3. Mengetahui profil penggunaan energi.
4. Melakukan upaya pengendalian agar mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Sistem Kelistrikan**

Bangunan Villa Aria Seminyak membutuhkan sumber tenaga listrik yang cukup besar. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dan penyaluran bebannya, berasal dari :

- Suplai tenaga listrik PLN
- Suplai tenaga listrik generator set

##### **3.1.1 Suplai Tenaga Listrik PLN**

Sumber utama energi listrik yang digunakan di Villa Aria Seminyak Bali berasal dari listrik PLN dengan kapasitas sebesar 970 kVA dan menggunakan trafo distribusi berkapasitas dengan total daya sebesar 1000 kVA. Diperoleh dari jaringan tegangan menengah 20 kV yang diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220 V tiga fasa dengan menggunakan trafo *step down* tiga fasa.

##### **3.1.2 Suplai Tenaga Listrik Generator Set**

Generator Set digunakan di Villa Aria Seminyak sebagai cadangan penyedia sumber energi listrik ke beban-beban paling sensitif. Mengantisipasi terjadinya pemadaman listrik secara tiba-tiba, yang berdampak pada beban-beban listrik dapat mengalami kerusakan. Ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN, Generator Set akan beroperasi secara otomatis.

#### **3.2 Konsumsi dan Biaya Energi Bulanan**

Data rekapitulasi pembayaran rekening listrik diketahui bahwa konsumsi energi listrik Villa Aria Seminyak mengalami peningkatan setiap tahunnya. Bahkan nilai tarifnya diatas 1 Miliar Rupiah. Konsumsi energi listrik terbesar terjadi pada bulan Januari tahun 2018 yaitu sebesar 166,18 MWh (LWBP) dan 64,36 MWh (WBP).

Data histori pemakaian energi listrik pada Villa Aria Seminyak dengan beban terpasang sebesar 430.105 Watt, telah diperoleh jumlah MWh total selama 14 bulan, terhitung sejak bulan Januari tahun 2017 hingga bulan Februari 2018, dan jumlah total biaya yang dibayar untuk pengadaan energi listrik pada periode tersebut.

Perhitungan tarif rata-rata yang dikenakan PLN dengan golongan tarif B-3/TM (200 kVA keatas).

Biaya pemakaian listrik :

1. Tarif WBP (Waktu Beban Puncak) per kWh dari PLN

K x Harga Rp. 1.035,78/kWh jam

berlaku pukul 17.00 s/d 22.00 (5 Jam)

2. Tarif LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) per kWh dari PLN

Harga Rp. 1.035,78/kWh jam

berlaku pukul 22.00 s/d 17.00 (19 Jam)

Keterangan :

K : faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat.

Untuk mengetahui nilai tarif listrik yang berlaku di Villa Aria Seminyak adalah sebagai berikut :

- WBP = 1,5 x Rp. 1.035,78,-/kWh  
= Rp 1553,67,-/kWh
- LWBP = Rp. 1.035,78,-/kWh

**Tabel 3.** Data Total Pemakaian dan Biaya Energi Listrik Januari Tahun 2017 - Februari 2018

Bulan	LWBP (MWh)	WBP (MWh)	Total Biaya LWBP	Total Biaya WBP	Total Biaya Per Bulan
Jan-17	161,55	63,21	Rp 167.330.259	Rp 98.207.481	Rp 265.537.740
Feb-17	89,37	55,52	Rp 92.567.658	Rp 86.259.758	Rp 178.827.416
Mar-17	54,27	51,76	Rp 56.211.780	Rp 80.417.959	Rp 136.629.739
Apr-17	87,43	54,46	Rp 90.558.245	Rp 84.612.868	Rp 175.171.113
Mei-17	77,82	50,82	Rp 80.604.400	Rp 78.957.509	Rp 159.561.909
Jun-17	77,10	50,59	Rp 79.858.638	Rp 78.600.165	Rp 158.458.803
Jul-17	111,25	61,20	Rp 115.230.525	Rp 95.084.604	Rp 210.315.129
Agust-17	88,28	60,74	Rp 91.438.658	Rp 94.369.916	Rp 185.808.574
Sep-17	141,12	62,79	Rp 146.169.274	Rp 97.554.939	Rp 243.724.213
Okt-17	157,19	63,11	Rp 162.814.258	Rp 98.052.114	Rp 265.382.373
Nov-17	119,27	61,63	Rp 123.537.481	Rp 95.752.682	Rp 219.290.163
Des-17	165,39	64,03	Rp 171.307.654	Rp 99.481.490	Rp 266.811.749
Jan-18	166,18	64,36	Rp 172.125.920	Rp 99.994.201	Rp 267.324.460
Feb-18	87,35	54,37	Rp 90.475.383	Rp 84.473.038	Rp 174.948.421
<b>Maksimum</b>	<b>166,18</b>	<b>64,36</b>	<b>Rp 172.125.920</b>	<b>Rp 99.994.201</b>	<b>Rp 267.324.460</b>
<b>Minimum</b>	<b>54,27</b>	<b>51,76</b>	<b>Rp 56.211.780</b>	<b>Rp 80.417.959</b>	<b>Rp 136.629.739</b>

<b>Total 14 Bulan</b>	<b>1583,57</b>	<b>830.41</b>	<b>Rp 1.640.230.133</b>	<b>Rp 1.271.818.724</b>	<b>Rp 2.907.791.802</b>
-----------------------	----------------	---------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Pemakaian energi listrik minimum terjadi pada bulan Maret 2017 total LWBP sebesar 54,27 MWh dan WBP sebesar 51,76 MWh dengan total biaya listrik Rp 136.629.739. Konsumsi energi listrik maksimum pada bulan Januari 2018 total LWBP sebesar 166,18 MWh dan WBP sebesar 64,36 MWh dengan total biaya listrik Rp 267.324.460.

### 3.3 Total Daya yang Terpasang di Villa Aria Seminyak

**Tabel 4. Kapasitas Beban yang Terpasang Keseluruhan**

<b>Nama Beban</b>	<b>Beban Terpasang (W)</b>
Penerangan	88.705 Watt
Stop Kontak	95.700 Watt
<i>Air Conditioner</i> (AC)	155.200 Watt
Mekanikal	90.500 Watt
<b>Total :</b>	<b>430.105 Watt</b>
	<b>430,105 kW</b>

### 3.4 Analisis Beban Terpasang

Perhitungan dan analisa pemakaian faktor daya untuk memperkirakan kebutuhan beban semu yang cukup besar, maka  $\cos \phi = 0,8$  lagging. Transformator dan generator yang terpasang di Villa Aria Seminyak dengan kapasitas masing-masing 1000 kVA. Besarnya keadaan beban semu (KVA) = Daya aktif / 0,8

$$\begin{aligned} \text{Beban terpasang} &= \frac{\text{Daya aktif}}{\cos \phi} \\ &= \frac{430,105 \text{ kW}}{0,8} = 537,631 \text{ kVA} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Beban Maksimum} = \frac{\text{Total daya maksimum}}{\cos \phi} \quad (3)$$

Beban Maksimum saat LWBP :

$$\begin{aligned} &= \frac{166,18 \text{ MWh}}{19 \text{ jam} \times 30 \text{ hari}} = 291,544 \text{ kW} \\ &= \frac{291,544 \text{ kW}}{0,8} = 364,43 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Beban Maksimum saat WBP :

$$\begin{aligned} &= \frac{67,86 \text{ MWh}}{5 \text{ jam} \times 30 \text{ hari}} = 452,4 \text{ kW} \\ &= \frac{452,4 \text{ kW}}{0,8} = 565,5 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Beban rata-rata yang dihitung berdasarkan standarisasi dari faktor karakteristik beban komersial diasumsikan sebesar 30% = 0,3 maka hasil beban rata-rata pada panel MDP (Main Distribution Panel), yaitu :

$$\text{Beban rata-rata} = \text{faktor beban} \times \text{total daya maksimum} \quad (4)$$

$$= 0,3 \times 430.105 \text{ kW}$$

$$= 129.031,5 \text{ Watt}$$

$$\text{Beban rata-rata pemakaian faktor daya} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\cos \phi} \quad (5)$$

$$= \frac{129,031 \text{ kW}}{0,8} = 161,29 \text{ kVA}$$

Menentukan faktor kapasitas transformator daya serta faktor kebutuhan :

$$\text{Faktor kapasitas trafo} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Kapasitas daya terpasang pada trafo}} \quad (6)$$

$$= \frac{161,29 \text{ kVA}}{1000 \text{ kVA}} = 0,16 \times 100\% = 16 \% \text{ (Dari Total Daya Terpasang)}$$

$$\text{Faktor kebutuhan} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Beban Terpasang}} \quad (7)$$

Faktor kebutuhan (FK) saat LWBP

$$= \frac{364,43 \text{ kVA}}{537,631 \text{ kVA}} = 0,67$$

Faktor kebutuhan (FK) saat WBP

$$= \frac{565,5 \text{ KVA}}{537,631 \text{ KVA}} = 1,05$$

**Tabel 5. Data Aktivitas Pencahayaann Non Kamar**

No.	Ruangan	Aktivitas Lampu dalam 30 hari	
		Jumlah Jam/hari	Jumlah Jam
1.	Counter Resepsionis	24	720
2.	Kitchen	18	432
3.	Meeting Room	10	300
4.	Restaurant	18	540
5.	Laundry Room	10	300
6.	Gudang	6	180
7.	Pos Satpam	24	720
8.	Musholla	12	360
9.	Lobby	12	360

Penggunaan aktivitas penerangan minimal selama 6 jam pada ruang gudang yang beroperasi ketika dilakukan saat dilakukan *cleaning service*, sedangkan aktivitas penerangan maksimal selama 24 jam pada bagian *Counter Resepsionis* yang terus beroperasi untuk melayani tamu yang akan *check-in* atau *check-out* dan *customer service* bila tamu membutuhkan bantuan terkait suatu kendala.

### 3.5 Analisis Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi

Menentukan apakah sebuah ruangan atau keseluruhan villa dinyatakan kategori efisien atau tidak, menggunakan rumus diperoleh menurut Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional dengan rumus nomor persamaan (1) :

1. Intensitas Konsumsi Energi Listrik Maksimum pada Bulan Januari 2018

$$IKE = \left( \frac{166,18 \text{ MWh}}{5620 \text{ m}^2} \right) = 29,57 \text{ kWh/m}^2 \text{ untuk LWBP (Kategori Sangat Boros)}$$

$$IKE = \left( \frac{64,36 \text{ MWh}}{5620 \text{ m}^2} \right) = 11,45 \text{ kWh/m}^2 \text{ untuk WBP (Kategori Efisien)}$$

2. Intensitas Konsumsi Energi Listrik Minimum pada Bulan Maret 2017

$$IKE = \left( \frac{54,27 \text{ MWh}}{5620 \text{ m}^2} \right) = 9,65 \text{ kWh/m}^2 \text{ untuk LWBP (Kategori Efisien)}$$

$$IKE = \left( \frac{51,76 \text{ MWh}}{5620 \text{ m}^2} \right) = 9,21 \text{ kWh/m}^2 \text{ untuk WBP (Kategori Efisien)}$$

Menurut analisis perhitungan standart intensitas konsumsi energi di atas, penggunaan energi listrik seluruh bangunan Villa Aria Seminyak diperoleh tingkat kategori efisien yaitu dengan 11,45 kWh/m<sup>2</sup>/bulan (LWBP), sedangkan diperoleh tingkat kategori sangat boros 29,57 kWh/m<sup>2</sup>/bulan (WBP) pada bulan Januari (IKE Maksimum), selanjutnya diperoleh tingkat kategori efisien 9,65 kWh/m<sup>2</sup>/bulan (LWBP) dan 9,21 kWh/m<sup>2</sup>/bulan (WBP) pada bulan Maret (IKE Minimum).

### 3.6 Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) pada bangunan Villa Aria Seminyak sudah cukup baik dengan asumsikan sebesar 0,8 *lagging*, sedangkan faktor daya ( $\cos \varphi$ ) yang baik apabila mendekati 1 atau sebesar 0,99. Dengan mengetahui suplai daya semu (KVA) dari PLN yaitu 970 kVA, maka daya aktif sebagai berikut :

$$P = S \times \cos \varphi \tag{8}$$

S : Daya aktif yang bersumber dari Transformator

$$\begin{aligned} P &= 970 \times 0,9 \\ &= 873 \text{ kW} \end{aligned}$$

Menentukan  $\cos \varphi$  awal ( $Q1$ ) sebesar 0,8

$$Q = P \times \tan \varphi \tag{9}$$

$$P = 873 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} Q1 &= P \times \tan \varphi 1 \\ &= 873 \times \tan (\cos^{-1} 0,8) \\ &= 873 \times \tan 36,87^\circ \end{aligned}$$

$$= 873 \times 0,75$$

$$= 654,75 \text{ kVAr}$$

Perbaikan menjadi  $\cos \varphi_2 = 0,99$  adalah :

$$P = 873 \text{ kW}$$

$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2$$

$$= 873 \times \tan (\cos^{-1} 0,99)$$

$$= 873 \times \tan 8,11^\circ$$

$$= 873 \times 0,14$$

$$= 122,22 \text{ kVAr}$$

Setelah diketahui besar kapasitor yang dibutuhkan, maka untuk perbaikan faktor daya :

$$Q_c = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (10)$$

$$= 873 \times (0,75 - 0,14)$$

$$= 873 \times 0,61$$

$$= 532,53 \text{ kVAr}$$

Menentukan kapasitas yang dibutuhkan dari kapasitor yang dipasang, dengan frekuensi 50 Hz adalah :

$$C = \frac{Q_c}{\omega \times V^2} = \frac{Q_c}{2 \times \pi \times f \times V^2} \quad (11)$$

$$= \frac{532,53 \text{ kVAr}}{2 \times 3,14 \times 50 \times (380)^2} = 11.744,48 \mu\text{F}$$

### 3.7 Analisa Susut Tegangan dan Rugi-rugi Daya Listrik pada Saluran Distribusi

Susut tegangan dan rugi-rugi daya listrik yang dihitung hanya dari penghantar-penghantar panel utama (MDP) ke Sub Panel Distribusi (SDP) diambil dari data jaringan distribusi di Villa Aria Seminyak, dengan arus beban seimbang untuk setiap fasa dan berikut perhitungannya :

Panel utama sampai dengan Panel operasional dengan asumsi arus seimbang untuk setiap fasanya, Untuk arus bolak balik tiga fasa :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} \quad (12)$$

Susut Tegangan :

$$\Delta V = I \times R \text{ (V)} \quad (13)$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (14)$$

Rugi-rugi daya :  $\Delta P = I^2 \times R \text{ (W)}$

Keterangan :

R = Tahanan  $\Omega$

$\rho$  = Tahanan Jenis ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

$$= 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} = 0,0175 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$$

$\ell$  = Panjang Penghantar

$A$  = Luas Penampang Penghantar ( $\text{mm}^2$ )

Panjang penghantar dari panel MDP ke SDP panel panjangnya 20 m dengan beban terpasang sebesar 430.105 Watt, luas penampang penghantar NYA 4 x 2,5  $\text{mm}^2$  dan  $\rho = 0,0175 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$ , maka diperoleh susut tegangannya adalah :

$$R = \rho \frac{\ell}{A} (\Omega) = 0,0175 \times 10^{-6} \times \frac{20}{2,5 \times 10^{-6}}$$

$$= 0,14 \Omega$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi} = \frac{430.105}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 726,08 \text{ A}$$

Susut Tegangan pada penghantar :

$$\Delta V = I \times R \quad (15)$$

$$= 726,08 \text{ A} \times 0,14 \Omega = 101,65 \text{ V}$$

Persentase Susut Tegangan :

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{v} \times 100\% \quad (16)$$

$$= \frac{101,65}{380} \times 100\% = 0,26 \times 100\% = 26\%$$

Rugi-rugi Daya Penghantar

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (17)$$

$$= (726,08)^2 \times 0,14 = 73.807 \text{ Watt}$$

Persentase Rugi Daya

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\% \quad (18)$$

$$= \frac{73.807}{430.105} \times 100\% = 0,17 \times 100\% = 17\%$$

### 3.8 Rekomendasi

Tindakan atau upaya untuk penghematan dan keandalan penyaluran energi listrik, tanpa mengurangi kenyamanan penggunaannya pada tiap ruang di Villa Aria Seminyak.

#### 3.5.1 Langkah-langkah Untuk Menghemat Konsumsi Energi Listrik

1. Menggunakan lampu timer otomatis agar dapat mematikan dan menghidupkan lampu secara otomatis berdasarkan waktu yang telah terlebih dahulu diatur secara manual.
2. Memasang Lampu LED dengan daya rendah namun memiliki tingkat pencahayaan yang sebanding dengan lampu sebelumnya tanpa teknologi LED.

3. Merawat lampu-lampu secara berkala, mulai dari tabung lampu atau bola lampu beserta reflektornya atau kapnya agar bersih, jika bagian tersebut kotor menyebabkan pencahayaan terhadap ruangan kurang terang.
4. Memasang teknologi pintar pengunci pintu atau disebut *Hotel Key Card*, bertujuan untuk menonaktifkan penggunaan energi listrik pada setiap ruang Villa ketika ditinggal penghuni.
5. Melakukan perawatan dengan membersihkan filter *Air Conditoner* (AC) secara rutin. *Air Conditoner* (AC) dilengkapi filter, sebagai sistem penyaringan dari partikel-partikel kotoran yang masuk ke ruangan. Jika filter *Air Conditoner* (AC) kotor, menyebabkan efisiensi AC berkurang.

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan manual secara matematis, maka kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

- 1) Intensitas konsumsi energi (IKE) listrik di Villa Aria Seminyak termasuk kriteria sangat boros, adalah  $29,57 \text{ kWh/m}^2$  saat konsumsi energi listrik maksimum.
- 2) Hasil perhitungan dan analisa pada panel utama Main Distribution Panel (MDP) diperoleh :
  - a. Beban Terpasang : 537,631 kVA
  - b. Beban Maksimum : 364,43 kVA (LWBP) & 565,5 kVA (WBP)
  - c. Beban Rata – rata : 161,29 kVA
- 3) Besarnya nilai perhitungan susut tegangan pada beban sebesar 101,65 V, hasil presentase susut tegangannya 26%.
- 4) Besarnya nilai perhitungan rugi-rugi daya penghantar sebesar 73.807 W, hasil presentase rugi dayanya 17%.
- 5) Perbaikan faktor daya untuk bangunan Villa Aria Seminyak dengan menaikkan faktor daya dari 0,8 lagging menjadi 0,99, hasil yang diperoleh kapasitas kapasitornya sebesar 532,53 kVAr dengan memasang kapasitor bank berkapasitas 11.744,48  $\mu\text{F}$ .

#### PERSANTUNAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan anugerah-Nya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuannya dalam penelitian ini, terkhusus kepada :



1. Alm. Bapak Suyono dan Ibu Wahyuningsih selaku orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungan secara materil maupun non materil.
2. Bapak Umar, S.T., M.T selaku dosen pembimbing, seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro UMS yang telah membantu memperlancar proses penelitian ini
3. Bapak Drs. H. A. Dahlan Rais, M.Hum yang telah memberikan dana beasiswa kuliah S1 di UMS.
4. CV. Wapike Concept yang telah memberikan kesempatan melakukan praktek kerja nyata di beberapa wilayah untuk mendapatkan pengalaman dan bekerjasama dalam tim serta untuk pengambilan data laporan.
5. Tim manajemen Villa khususnya *Chief Engineering* di Aria Seminyak Bali yang telah membantu dan memberikan data penelitian.
6. Kakak sepupu yang telah memberi motivasi akan pentingnya pembentukan karakter diri dalam menghadapi resiko kerasnya kehidupan agar selalu mencoba hal baru dilandasi dengan semangat berjuang pantang menyerah yaitu Mauludin Sjirod.
7. Adik Kandung yang telah mendoakan dan mendukung yaitu Regita Kusumaning Putri.
8. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2015.
9. Sahabat yang selalu mendoakan, mendukung, dan mengingatkan penulis yaitu Satriya Pandu, Yudith, Haidar, Rendhy, Zildjian, Nessya Dea.

## Daftar Pustaka

- Marpaung, Parlindungan. 2014. *Melakukan Audit Energi di Industri*. Himpunan Ahli Konservasi Energi”.
- Agung Wahyudi Biantoro, Dadang S. Permana. 2017. *Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten*, vol.6.
- Deepak Rathod,dkk. 2013. *Electrical Energy Audit (A Case a study of Tobbaco Industry)*. Rishiraj Institute of Technology, Indore India. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*.Vol.2,No.3.
- Direktorat Pengemban Energi. 2011. *Petunjuk Teknis Konservasi Energi : Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*.
- Magdalena, M. 2009. *Menekan Konsumsi dengan Audit Energi*. 13 Juni 2009. Diakses 21 September 2018 dari <http://puspiptek.info/?q=id/node/359>
- Awanish Kumar. 2015. *Electrical Energy Audit in Residential House*. Science Direct : *Procedia Technology* 21. dari <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017315003023>

- S. U. Kulkarni and KalpanaPatil. 2013. *Energy Audit of an Industrial Unit- A Case Study*, *International Journal of Emerging Science and Engineering*. Vol.2, Issue-1, November 2013
- Suruhanjaya Tenaga. 2016. *Part 1 : Electrical Energy Audit Guidelines for Building*. Putrajaya,Malaysia : Suruhanjaya Tenaga (Energy Commission)
- S. R. Bhawarkar and S. Y. Kamdi. 2011. *Electrical Energy Audit of a Electroplating Unit-A case study*. *2011 International Conference on Recent Advancement in Electrical, Electronics and Control Engineers*, 25-29.
- Dr. K. Umesha., Miste Miec (2013). *Energy Audit Report On a Technical Institute*. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*